



DEUTSCHES
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 39 36 069.5
②2 Anmeldetag: 28. 10. 89
④3 Offenlegungstag: 2. 5. 91

DE 39 36 069 A 1

⑦1 Anmelder:
Aktiengesellschaft Kühnle, Kopp & Kausch, 6710
Frankenthal, DE

⑦4 Vertreter:
Klose, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 6700 Ludwigshafen

⑦2 Erfinder:
Stöner, Helmut, Ing.(grad.), 6710 Frankenthal, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Lagerung eines Abgasturboladers

Eine Lagerung eines Abgasturboladers enthält Lagerbuchsen (20, 22; 23), welche in einer Bohrung eines Lagergehäuses (6) zur radialen Lagerung einer Welle (14) schwimmend angeordnet sind und jeweils wenigstens eine innere und eine äußere Lagerfläche aufweisen. Diese Lagerung soll mit geringem Aufwand dahingehend weitergebildet werden, daß die mit dem "oil whip"-Effekt verbundenen Schwierigkeiten vermieden werden. Es wird vorgeschlagen, daß die innere Lagerfläche und/oder äußere Lagerfläche eine von der kreiszylindrischen Form abweichende, symmetrische oder asymmetrische Kontur aufweisen.

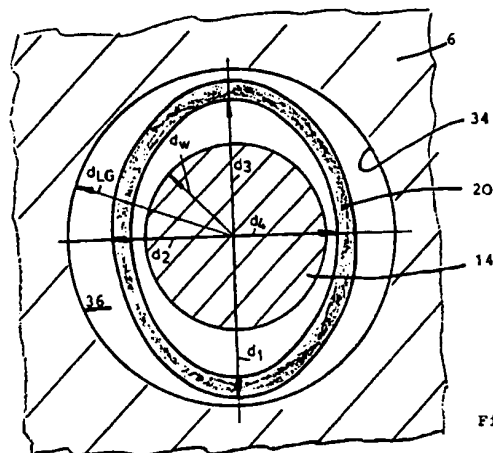


Fig. 2

DE 39 36 069 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Lagerung eines Abgasturboladers gemäß den im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

Aus der DE-PS 36 01 082 ist eine derartige Lagerung bekannt, die in einer Bohrung eines Lagergehäuses eine Hülse mit zwei Lagerbuchsen enthält, welche mittels axialen Stegen miteinander in Verbindung stehen. In Umfangsrichtung betrachtet, sind zwischen den Stegen Durchbrechungen vorhanden, wobei die Stege in Umfangsrichtung wesentlich schmaler ausgebildet sind. Ein im Lagergehäuse befestigter Sicherungsstift ragt in eine der genannten Durchbrechungen und liegt mit seiner Spitze auf einer Seite des einen Steges. Mit einer derartigen Lagerung soll u. a. ein als "oil whip" bezeichneter Effekt beherrscht werden, welcher während des Betriebs auftreten kann, welche oberhalb des zweifachen Wertes der ersten oder zweiten kritischen Drehzahl liegen. Es resultieren hieraus Schwingungen, welche sich als störende Geräusche bemerkbar machen. Dieser Effekt bewirkt eine Anregung der Welle in dem Sinne, daß die Wellenenden eine der Wellenrotation überlagerte, zweite Drehbewegung um die geometrische Achse durchführen. Das zwischen den axial beabstandet angeordneten Lagerbuchsen bzw. Lagerflächen befindliche Wellenteil wird in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt, und es wird daher auch von dem sogenannten Seilschlageffekt gesprochen. Erfolgt diese überlagerte Drehbewegung mit der annähernd halben Wellendrehzahl, so kann ein metallischer Kontakt zwischen der Welle und der Lagerbuchse eintreten und der vollständige Verlust der Lagertragfähigkeit und eine Zerstörung der Lagerung können die Folge sein. Ferner kann die auftretende Verformung der Welle zu einer unzulässigen Kantenpressung an den Enden der Lagerbuchsen führen. Die aufgezeichneten Zusammenhänge sind bei Abgasturboladern kleiner Baugröße zu beachten, welche mit maximalen Drehzahlen, in der Größenordnung von 150 000 Upm und darüber rotieren. Derartige Abgasturbolader weisen recht kleine rotierende Massen bei minimalem Wellendurchmesser auf, wobei die durch die Wellenverformung bedingte Unwuchtbelastung bis zu dem hundertfachen Wert der Rotormasse betragen kann. Die Wellendurchbiegung in Folge des auftretenden Seilschlageffektes können unzulässig groß werden und die aufgezeigten mechanischen Schäden sind ebenso wie eine starke Geräuschentwicklung festzustellen.

Ferner sind zur radialen Lagerung Mehrflächenlager bekannt, deren Lagerbuchsen im Lagergehäuse fest eingepreßt sind. Derartige Mehrflächenlager enthalten in Umfangsrichtung gesehen wenigstens zwei im wesentlichen zylindrische Lagerflächen, die keinen gemeinsamen Mittelpunkt aufweisen. Wenn z. B. der Mittelpunkt der Welle auf der geometrischen Achse der Lagerbuchse liegt, können sich mehrere Schmierkeile bilden, welche hydrodynamische Tragkräfte ergeben. Derartige mehrflächige Gleitlager sind nur für vergleichsweise große Wellendurchmesser, und zwar in der Größenordnung von etwa 25 mm und darüber, unter Beachtung der fertigungstechnischen Möglichkeiten zu realisieren.

Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die genannte Lagerung mit geringem Aufwand dahingehend weiterzubilden, daß der oben erwähnte "oil whip"-Effekt und die damit verbundenen Schwierigkeiten vermieden werden. Die Lagerung soll vor allem für Abgasturbolader für sehr hohe Drehzahlen und kleine Abmessungen derart verbessert werden,

daß eine gute Rotorstabilität selbst bei einer extrem dünnen, biegeweichen Rotorwelle gewährleistet wird. Ferner soll dadurch ein geräuscharmer Lauf gewährleistet sein. Schließlich sollen die Reibungsverluste, die maßgeblich von der Relativgeschwindigkeit zwischen Welle und Lagerfläche abhängig sind, reduziert werden.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt gemäß den im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lagerung zeichnet sich bei einfacher Konstruktion durch eine hohe Funktionssicherheit aus, und selbst für Rotoren, die für Drehzahlen größer als 150 000 Upm ausgelegt sind, werden Lagerschäden oder störende Geräusche zuverlässig vermieden. Die Lagerbuchse oder die Hülse, welche zwei axial beabstandete Lagerbuchsen aufweist, sind auch in Rotationsrichtung frei bewegbar und drehen mit, wie es bei vollständig schwimmenden Lagerhülsen der Fall ist. Der eingangs erläuterte Sicherungsstift entfällt. Die Hülse oder Lagerbuchsen weisen zumindest im Bereich der Lagerfläche eine vom kreisrunden Querschnitt abweichende Lagergeometrie auf, so daß sich ähnlich dem erläuterten Mehrflächengleitlager wenigstens zwei Schmierkeile ausbilden können. Die von der Kreisform abweichenden Lagerkonturen können im Rahmen der Erfindung an der Innenfläche und/oder an der Außenfläche der Hülse oder Lagerbuchsen vorgesehen sein. Da erfindungsgemäß die Hülse oder Lagerbuchsen mit der Welle drehen, kann auch ein an der Außenfläche sich ausbildender Schmierkeil in vorteilhafter Weise entstehen. Die somit erreichte innere und äußere anisotrope Eigenschaft bewirken eine wesentliche Verbesserung der Stabilität. Insgesamt wird eine hohe Stabilität für den gesamten Betriebsdrehzahlbereich bei geräuscharmer, stark gedämpfter Lagerung erreicht. Durch die vorgeschlagene Geometrie ergeben sich keine ausgeprägten, diskreten Systemeigenfrequenzen, was ebenfalls die Stabilität der Lagerung begünstigt. Die Lagerung kann aus einer Hülse, die die zwei beabstandete Lagerbuchsen (20, 22) durch Stege verbindet, oder aus zwei getrennten Lagerbuchsen (23) bestehen. Die Herstellung der Lagerbuchse kann bei Anordnung der Konturen in Phase durch Verpressen einer ursprünglich zylindrischen Hülse oder Buchse vorgenommen werden. Der Herstellungsaufwand ist hierbei sehr gering. Hingegen können auch die von der Kreisform abweichenden Konturen der Lagerinnenfläche und der Lageraußenfläche in Drehrichtung zueinander verdreht angeordnet werden, wobei die Herstellung durch Räumen oder Gießen erfolgt.

Besondere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels. In der Zeichnung sind dargestellt:

Fig. 1 in einem axialen Längsschnitt ein Abgasturbolader,

Fig. 2 stark vergrößert und übertrieben, ein Schnitt durch die Lagerbuchse mit einer vom Kreiszyylinder abweichenden Kontur,

Fig. 3 Hülse (mit zwei Lagerbuchsen),

Fig. 4 Lagerbuchse.

In Fig. 1 ist links ein Verdichtergehäuse 2 und rechts ein Turbinengehäuse 4 dargestellt, welche über ein Lagergehäuse 6 miteinander verbunden sind. Ein Verdichterrad 10 und ein Turbinenrad 12 sind auf einer Welle 14 drehfest angeordnet. Im Lagergehäuse 6 ist ein Axiallager 16 zur axialen Lagerung der dünnen, biegeweichen Welle 14 mit dem Verdichterrad 10 und dem Turbinen-

rad 12 vorgesehen. Durch eine Bohrung 18 des Lagergehäuses 6 kann Drucköl zur Schmierung und Kühlung der Lager zugeführt werden.

Die Welle 14 weist einen relativ kleinen Lagerdurchmesser, und zwar in der Größenordnung bis maximal 15 mm, auf und ist in einer Innenbohrung des Lagergehäuses 6 mittels zwei axial beabstandeten Lagerbuchsen 20, 22 radial gelagert. Diese beiden Lagerbuchsen 20, 22 sind über zwei, axial verlaufende schmale Stege 24 zu einer Hülse 26 integriert. Es können mehrere in Umfangsrichtung beabstandet angeordnete Stege oder auch ein ringförmiger Steg vorgesehen sein, wobei mittels Durchbrechungen 28 die Zufuhr bzw. der Austritt von Schmiermittel ermöglicht wird. An den axialen Enden der Hülse 26 sind zwecks axialer Sicherung im Lagergehäuse 6 zwei Sicherungsringe 30, 32 angeordnet, wobei ein entsprechendes axiales Spiel der im übrigen frei schwimmend in der Innenbohrung des Lagergehäuses 6 gelagert ist.

In Fig. 2 ist stark vergrößert ein Schnitt durch die Welle 14 und die gleichfalls zylindrische Innenbohrung 34 des Lagergehäuses 6 dargestellt. Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge ist die Lagerbuchse 20 übertrieben deformiert dargestellt. Die Lagerbuchse 20 erhielt die dargestellte Form durch plastische Verformung einer ursprünglich zylindrischen Buchse mit Hilfe eines Formwerkzeuges.

Die Welle 14 weist einen Außendurchmesser d_W auf, während der Innendurchmesser d_L der Innenbohrung 34 des Lagergehäuses 6 entsprechend größer ausgebildet ist. Die in dem derart gebildeten Zwischenraum 36 frei schwimmend angeordnete Lagerbuchse 20 weist eine von der kreiszylindrischen Form stark abweichende Kontur auf; Entsprechendes gilt für die zweite Lagerbuchse der Hülse. Die Lagerbuchse 20 weist einen maximalen Durchmesser d_1 und, um im wesentlichen 90 Winkelgrade hierzu versetzt, einen minimalen Außendurchmesser d_2 auf. Ferner weist die Lagerbuchse 20 einen maximalen Innendurchmesser d_3 sowie einen minimalen Innendurchmesser d_4 auf. Der maximale Außendurchmesser d_1 und der maximale Innendurchmesser d_3 liegen in der gleichen Axialebene. Auch der minimale Außendurchmesser d_2 sowie der minimale Innendurchmesser d_4 liegen gleichfalls in einer gemeinsamen Axialebene, allerdings um etwa 90 Winkelgrade versetzt zur erstgenannten Axialebene. Die beiden maximalen Durchmesser d_1 und d_3 liegen in Phase und gleichfalls die beiden minimalen Durchmesser d_2 und d_4 liegen in Phase. Um eine Funktion der Lagerbuchse 20 zu gewährleisten, sind als maßgebende Bedingungen vorgegeben:

$$d_4 \geq d_W \times (1 + 1 \text{ o}/\text{oo}),$$

$$d_1 \leq d_L \times (1 + 1 \text{ o}/\text{oo}).$$

Aufgrund der erfindungsgemäß vorgegebenen und von der Zylinderform abweichenden Kontur der Lagerbuchse 20, ergeben sich im Bereich des minimalen Innendurchmessers d_4 der Lagerbuchse 20 zwei im wesentlichen diametral liegende Keilspalte. Entsprechend den jeweiligen Drehzahlen und Belastungsverhältnissen ergeben sich selbstverständlich entsprechende Abweichungen von der dargestellten ideal zentrischen Anordnung der Welle 14 innerhalb der Innenbohrung 34. Wesentlich ist hierbei, daß die Lagerbuchse 20 frei schwimmend angeordnet ist, also im Gegensatz zu vorbenannten Mehrflächengleitlagern nicht im Lagergehäuse verpreßt ist. Ferner ist von besonderer Bedeutung, daß die Lagerbuchse 20 über den Umfang geschlossen ausgebildet ist und nicht aus mehreren Segmenten oder derglei-

chen besteht, welche eine frei schwimmende Anordnung in der Praxis nicht ermöglichen könnten. Wie bei den bisher bekannten zylindrischen Buchsen weist die erfindungsgemäße Lagerbuchse 20 eine über den Umfang geschlossene, also nicht in Halbschalen oder dergleichen unterteilte, Wand auf. Bei der dargestellten Ausführungsform sind ferner zwischen der Außenfläche der Lagerbuchse 20 und der Innenbohrung 34 im Bereich des maximalen Außendurchmessers d_1 wiederum zwei einander diametral liegende Keilspalte vorhanden. Die Lagerbuchse hat also symmetrisch verteilt außen und innen insgesamt vier Keilspalte, welche eine optimale Dämpfung zur Verbesserung der Stabilitätseigenschaften des Lagers bewirken. Dies wird bei überraschend einfacher Geometrie nur mit einer in Umfangsrichtung geschlossenen, einteiligen Lagerbuchse 20 gewährleistet, die zudem innerhalb des Zwischenraumes 36 frei schwimmend angeordnet ist. Das vorgeschlagene Lager stellt damit eine optimale Kombination einerseits der frei schwimmenden Lagerbuchse und andererseits eines Mehrflächenlagers dar. Aufgrund der frei schwimmenden Anordnung können, im Unterschied zu dem eingangs erwähnten Patent gemäß DE-PS 36 01 082, die Relativgeschwindigkeiten zwischen der Welle 14 und der Lagerbuchse 20 reduziert werden, was sich besonders günstig im Hinblick auf eine lange Lebensdauer der Lageranordnung erweist.

Von besonderer Bedeutung ist ferner, wenn wenigstens eine der nachfolgenden vier Beziehungen eingehalten wird, wobei die gleichzeitige Einhaltung sämtlicher vier Beziehungen sich als besonders zweckmäßig herausgestellt hat. In den nachfolgenden Beziehungen ist das Multiplikationszeichen durch den kleinen Buchstaben x dargestellt.

Für das relative minimale Innenspiel zwischen Welle und Lagerbuchse gilt:

$$\frac{d_4 - d_W}{d_W} = 1 \text{ bis } 10 \times 10^{-3}$$

Für das relative minimale Außenspiel zwischen Lagergehäuse und Lagerbuchse gilt:

$$\frac{d_L - d_1}{d_L} = 1 \text{ bis } 10 \times 10^{-3}$$

Für die Differenz der Innendurchmesser der Lagerbuchse, bezogen auf den Außendurchmesser der Welle, gilt:

$$\frac{d_3 - d_4}{d_W} = 1 \text{ bis } 6 \times 10^{-3}$$

Für die Differenz der Außendurchmesser der Lagerbuchse 20, bezogen auf den Innendurchmesser des Lagergehäuses 6, gilt:

$$\frac{d_1 - d_2}{d_L} = 1 \text{ bis } 20 \times 10^{-3}$$

Im Rahmen der Erfindung kann die Abweichung von der zylindrischen Form die Lagerbuchse 20 auch nur entweder an der Innenfläche oder nur an der Außenfläche realisiert werden. Bei derartigen Ausführungsformen gelten selbstverständlich oben aufgestellten Beziehungen in entsprechender Weise für den jeweiligen Bereich.

Fig. 3 zeigt die Hülse 26 mit den beiden axial beab-

standet angeordneten Lagerbuchsen 20 und 22, welche mittels eines ringförmigen Verbindungssteges 24 verbunden sind. Wie oben bereits dargelegt, ist in diesem Zweibuchsenlager die Lagerbuchse 22 in der gleichen Weise wie die erläuterte Lagerbuchse 20 deformiert worden.

In Fig. 4 ist eine Lagerbuchse 23 entsprechend der Fig. 2 dargestellt. Zwei dieser Lagerbuchsen 23 können anstelle der Hülse zur Lagerung der Welle dienen.

In dem anhand von Fig. 2 eingehend erläuterten Ausführungsbeispiel lag die Abweichung der äußeren Kontur der Lagerbuchse 20 in Phase mit der inneren Kontur; so liegt beispielsweise der maximale Außendurchmesser in der gleichen Axialebene wie der maximale Innendurchmesser. Darüber hinaus können die Außenkontur und die Innenkontur auch außer Phase angeordnet sein, so daß beispielsweise die Axialebene des maximalen Außendurchmessers und die Axialebene des maximalen Innendurchmessers um einen vorgegebenen Winkel versetzt sind. Außerdem können die inneren und äußeren Konturen nichtsymmetrische (asymmetrische) Lagerflächen aufweisen. Derartige Abweichungen der inneren zur äußeren Kontur der Lagerbuchse 20 werden durch Räumen oder Gießen der Lagerbuchse 20 hergestellt.

Bei den oben erläuterten Ausführungsformen lagen jeweils zwei Gleitflächen diametral gegenüber, beispielsweise die im Bereich des minimalen Innendurchmessers der Lagerbuchse 20 und/oder die beiden Gleitflächen im Bereich des maximalen Außendurchmessers der Lagerbuchse. Insbesondere wenn die Herstellung der Lagerbuchse mit den von der Zylinderform abweichenden symmetrischen oder asymmetrischen Konturen durch Räumen oder Gießen erfolgt, können darüber hinaus auch mehr als zwei Flächen, also beispielsweise drei oder vier und mehr als Gleitflächen vorgesehen sein, und zwar innen und/oder außen an der Lagerbuchse 20.

Bezugszeichen

2 Verdichtergehäuse	40
4 Turbinengehäuse	
6 Lagergehäuse	
10 Verdichterrad	45
12 Turbinenrad	
14 Welle	
16 Axiallager	
18 Bohrung in 6	
20, 22 Lagerbuchse	50
23 Lagerbuchse	
24 Steg	
26 Hülse	
28 Durchbrechung	
30, 32 Sicherungsring	55
34 Innenbohrung	
36 Zwischenraum	
dW Außendurchmesser der Welle 14	
dL Innendurchmesser des Lagergehäuses 6	60
d1 maximaler Außendurchmesser von 20	
d2 minimaler Außendurchmesser von 20	
d3 maximaler Innendurchmesser von 20	
d4 minimaler Innendurchmesser von 20	

Patentansprüche

1. Lagerung eines Abgasturboladers mit einer Hülse oder Lagerbuchsen, die in einer Bohrung eines

Lagergehäuses zur radialen Lagerung einer Welle schwimmend angeordnet sind und jeweils wenigstens eine innere Lagerfläche und wenigstens eine äußere Lagerfläche aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Lagerfläche und/oder die äußere Lagerfläche eine von der kreiszylindrischen Form abweichende symmetrische oder asymmetrische Kontur aufweisen.

2. Lagerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die von der kreiszylindrischen Form abweichenden Konturen der Lagerinnenfläche und der Lageraußenfläche bezüglich der Längsachse die gleiche Phasenlage aufweisen.

3. Lagerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die von der kreiszylindrischen Form abweichenden Konturen der Lagerinnenflächen und der Lageraußenflächen bezüglich der Längsachse um einen vorgegebenen Winkel verdreht zueinander liegen.

4. Lagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Lagerinnenfläche der Lagerbuchse (20, 22; 23) und der Welle (14) und/oder zwischen der Lageraußenfläche der Lagerbuchse (20, 22, 23) und der Innenbohrung (34) des Lagergehäuses (6) in Umfangsrichtung versetzt jeweils wenigstens zwei als Gleitflächen wirksame und Keilspalte bildende Flächenbereiche vorhanden sind.

5. Lagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülse (26) zwei axial beabstandete und zweckmäßig mit einem zylindrischen Steg (24) verbundene Lagerbuchsen (20, 22) aufweist.

6. Lagerung nach einem der Ansprüche 1, 2, 4, 5, dadurch gekennzeichnet, daß die von der kreiszylindrischen Form abweichenden Konturen der Lagerinnenfläche und der Lageraußenfläche durch plastische Verformung einer ursprünglich zylindrischen Buchse mittels eines Formwerkzeuges hergestellt ist.

7. Lagerung nach einem der Ansprüche 1, 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die von der kreiszylindrischen Form abweichende symmetrische oder asymmetrische Kontur der Lagerinnenfläche und/oder der Lageraußenfläche durch Räumen oder Gießen hergestellt ist.

8. Lagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß für das relative minimale Innenspiel zwischen der Welle (14) und der Lagerbuchse (20, 22) die Beziehung gilt:

$$\frac{d4-dW}{dW} = 1 \text{ bis } 10 \times 10^{-3}$$

9. Lagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß für das relative minimale Außenspiel zwischen der Innenbohrung (34) des Lagergehäuses (6) und der Lagerbuchse (20, 22) die Beziehung gilt:

$$\frac{dL-d1}{dL} = 1 \text{ bis } 10 \times 10^{-3}$$

10. Lagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß für die Differenz der Innendurchmesser der Lagerbuchse (20, 22), bezo-

gen auf den Außendurchmesser der Welle (14) die
Beziehung gilt:

$$\frac{d3-d4}{dW} = 1 \text{ bis } 6 \times 10^{-3} \quad 5$$

11. Lagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß für die Differenz der
Außendurchmesser der Lagerbuchse (20, 22; 23),
bezogen auf den Innendurchmesser der Innenboh-
rung (34) des Lagergehäuses (6) die Beziehung gilt:

$$\frac{d1-d2}{dL} = 1 \text{ bis } 20 \times 10^{-3} \quad 15$$

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

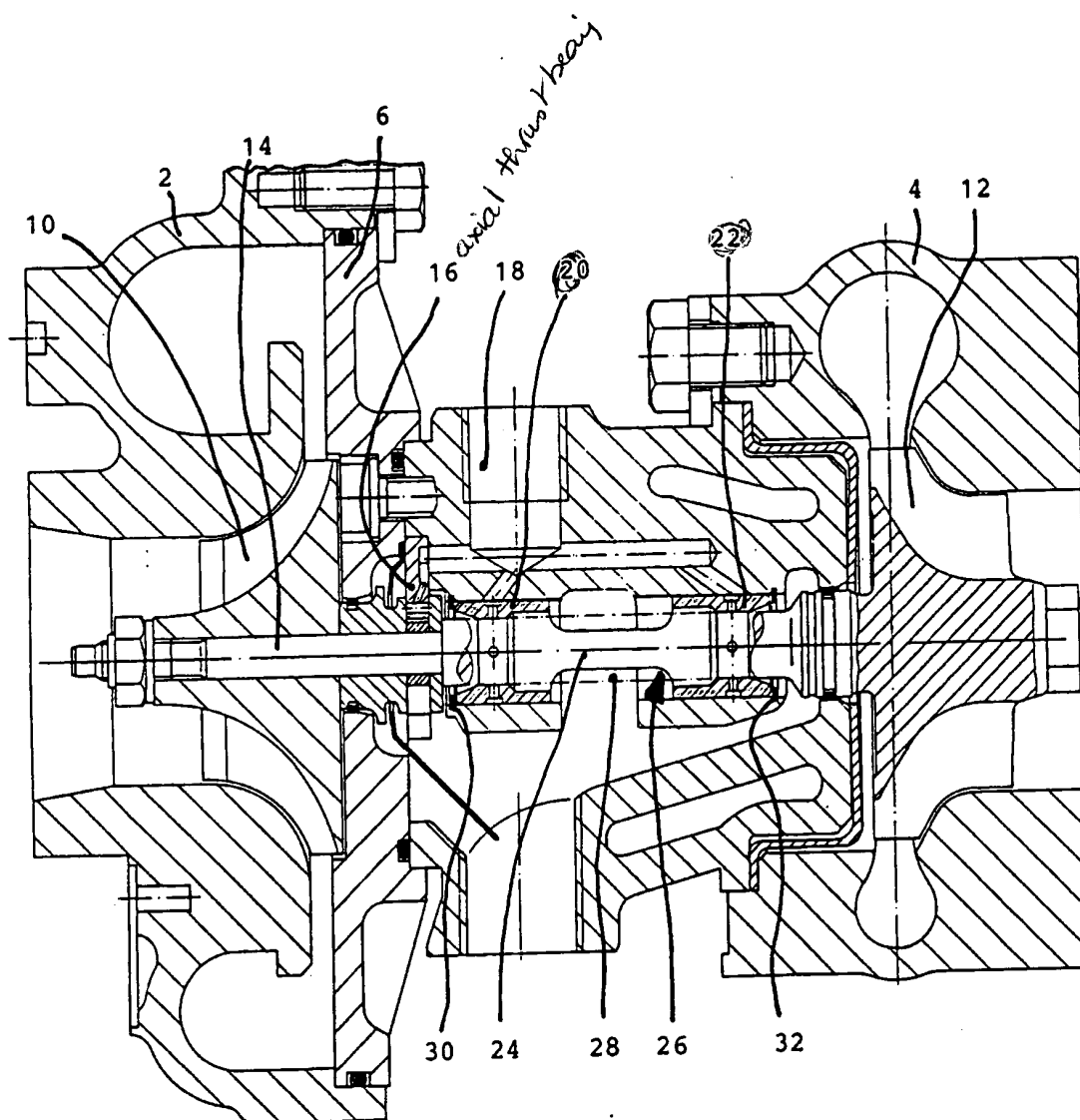
50

55

60

65

– Leerseite –



cl, +

Fig. 1

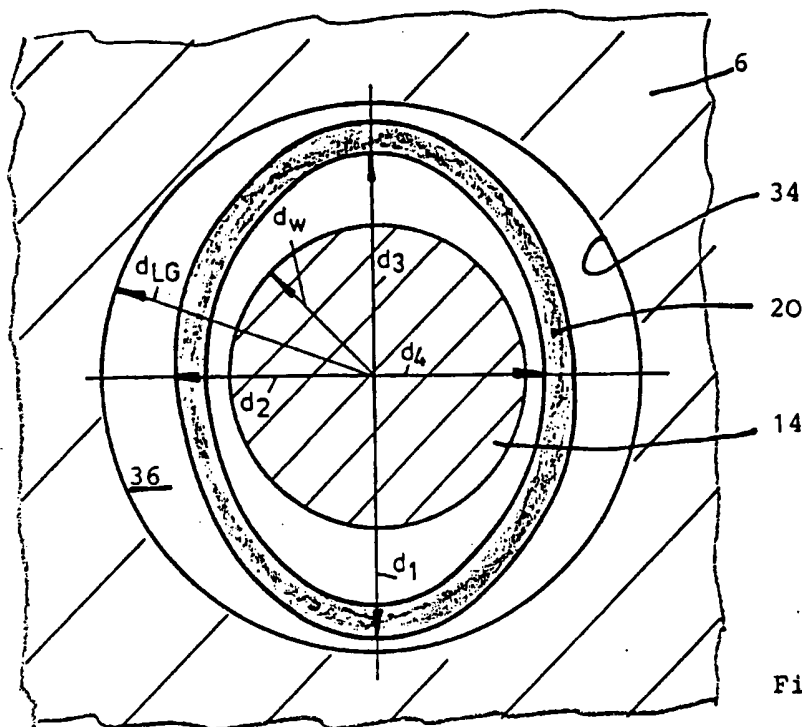


Fig. 2

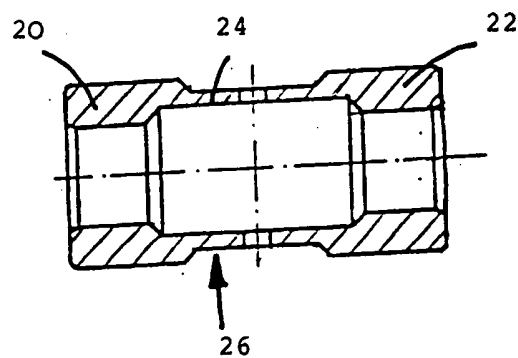


Fig. 3

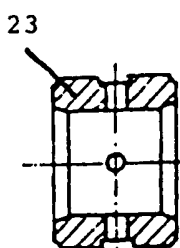


Fig. 4

PUB-NO: DE003936069A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 3936069 A1

TITLE: Turbocharger bearing device - has non-circular
cylindrical bearing bush surfaces

PUBN-DATE: May 2, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
STOENNER, HELMUT ING GRAD	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KUEHNLE KOPP KAUSCH AG	DE

APPL-NO: DE03936069

APPL-DATE: October 28, 1989

PRIORITY-DATA: DE03936069A (October 28, 1989)

INT-CL (IPC): F02B039/00, F02C007/06

EUR-CL (EPC): F01D025/16

ABSTRACT:

The bearing for the turbocharger has a sleeve or bearing bushes, which are located floating in a bore of a bearing housing for radial bearing or shaft.

Each bush has one or more inner and outer bearing surfaces. The inner bearing surface, and/or the outer surface, has a symmetrical or asymmetrical contour, deviating from the circular cylindrical form. The contours have the same phase

position relative to the longitudinal axis. **USE/ADVANTAGE - Bearing for IC**

engine turbocharger. Oil-whip effect is prevented, good rotor stability is achieved.